



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 737/98

Oppdragsgiver

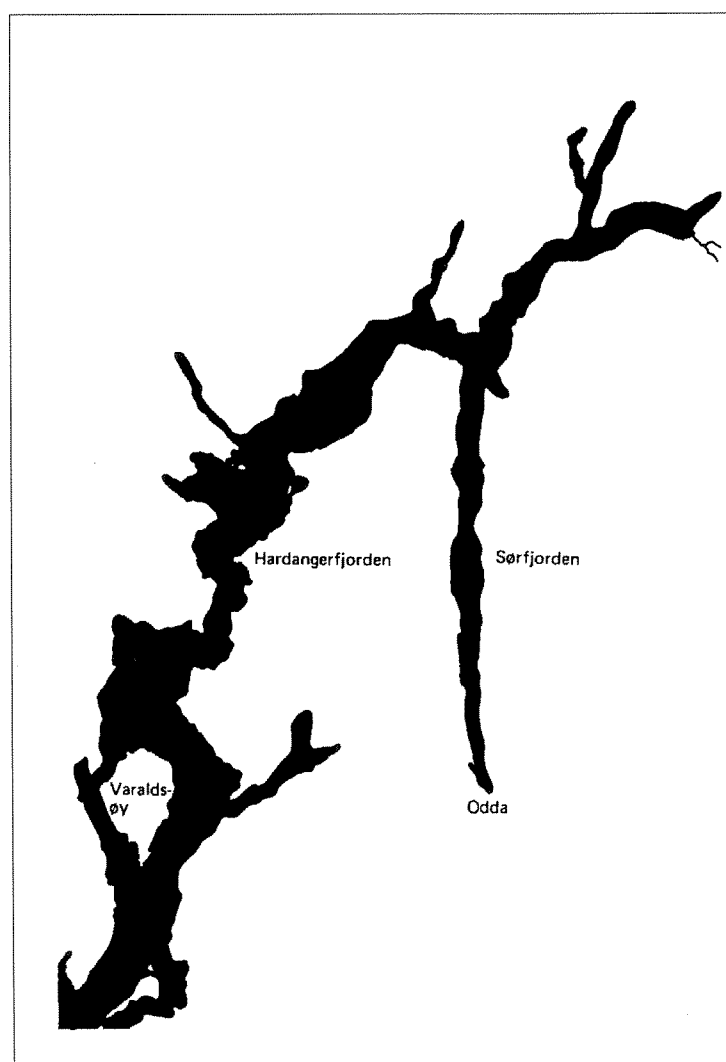
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner NIVA

Tiltaksorienterte
miljøundersøkelser i

Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1997

Delrapport 1
Vannkjemi



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800309	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3854-98	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1997.	1.07.98	NIVA 1998
Delrapport 1. Vannkjemi	Faggruppe:	Marinøkologisk
Forfatter(e):	Geografisk område:	Hordaland
Jens Skei	Antall sider:	Opplag:
	27	

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Overvåkningsrapport nr.737/98. TA nr. 1568/1998)	

Ekstrakt:

Vannkjemiske undersøkelser utført i Sørfjorden i 1997 viste at nivåene av metaller i overflatelaget ble påvirket av et uhellsutslipp ved Norzink i mars 1997. Dette førte til en umiddelbar forurensning av Eitrheimsvågen og havnebassenget allerede to dager etter at utslippet skjedde. En måned senere kunne man se rester av dette utslippet i ytre deler av fjorden. Ellers ser det ut til at nivåene av metaller både i overflatevannet og i dypvannet (200m) er på vei ned. Ved 40 m dyp ble det registrert en liten økning i forhold til 1996. Situasjonen er således fortsatt labil og overflatevannet i indre deler av fjorden er fortsatt sterkt til meget sterkt forurensset av metaller i henhold til SFTs klassifiseringssystem. Basert på gradientstudier så er det åpenbart at dette skyldes tilførsler via Eitrheimsvågen.

4 emneord, norske

1. Sørfjorden
2. Overvåking
3. Vannkjemi
4. Tilførsler

4 emneord, engelske

1. Sørfjord
2. Monitoring
3. Water chemistry
4. Pollutant discharges

Prosjektleder

Jens Skei

For administrasjonen

John Arthur Berge

82-577-3435-7

O-800309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1997**

DELRAPPORT 1. VANNKJEMI

Oslo, 1 juli 1998

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeidere:

Unni Efraimsen
ASSAYERS, Odda

Forord

NIVA har i 1997 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørffjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinius Titan & Iron K/S dekket henholdsvis 33.6%, 17.3% og 17.3% av kostnadene, Odda kommune og Ullensvang kommune 3.4 % hver og SFT 25 %. Prosjektet er utført i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S (ASSAYERS) i Odda, som har hatt ansvar for vannprøvetakingen og deler av analysene. Analyser av metaller i vann er utført ved NIVA (Roy Beba).

Undersøkelsen er et ledd i et overvåkingsprogram frem til år 2000 for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørffjorden startet i 1978. I 1996 ble det gjennomført et større overvåkingsprogram som også omfatter bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og biomarkørstudier.

Denne rapporten omfatter fjordens vannkjemi.

Oslo, 1 juli 1998

*Jens Skei
prosjektleder*

INNHold	Side
FORORD	3
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
1. INNLEDNING	7
2. MÅLSETTING	8
3. FELTARBEID OG METODER	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1. Saltholdighet	10
4.2. Totalt suspendert materiale	11
4.3. Nitrogen og oksygen	12
4.4. Metaller	14
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	22
6. LITTERATUR	23
VEDLEGG	24

Sammendrag og konklusjoner

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1997 gir en beskrivelse av tilstanden i fjordområdet etter at en rekke miljøtiltak er blitt gjennomført. Rapporten er følgelig en del av grunnlaget for å bedømme om de tekniske tiltakene har vært vellykket og om de overordnede mål med hensyn til bruk av Sørfjorden og Hardangerfjorden i fremtiden kan nås.

Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i februar, mars, april, juni, august, oktober og desember 1997 for analyser av saltholdighet, suspendert materiale, total nitrogen og oksygen (bare havnebassenget) og tungmetaller (kopper, bly, kadmium, sink og kvikksølv).

Overvåkingen av vann i 1997 leder til følgende hovedkonklusjoner:

- 1. Det totale utslippet av tungmetaller fra de tre største bedriftene (Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S) har endret seg lite det siste året, med unntak av en reduksjon i tilførslene av sink og kadmium og en viss økning i tilførslene av kopper og bly. Utslippene av PAH fra Odda Smelteverk er mere enn halvert i forhold til utslippene i 1996, mens smelteverkets utslipp av nitrogen fra produksjonen av dicyanamid har økt med over 30 % i forhold til 1996. Forøvrig var utslippssituasjonen preget av et uhellsutslipp ved Norzink i mars hvor en tank sprang lekk og 2 tonn sink rant ut i Eitrheimsvågen i løpet av noen minutter.**
- 2. Oksygenforholdene i Oddas havnebasseng viste kritiske verdier i bunnvannet i august, med verdier ned mot 1.45 ml/l oksygen. Oksygenforholdene har vært overvåket spesielt i 1997 i forbindelse med et kommunalt overvåkingsprogram.**
- 3. Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassenget i dypvannet var høyere enn 2000 µg/l både i april og august. Dette må skyldes utslipp av nitrogenholdig filterkake fra Odda Smelteverk.**
- 4. En dramatisk økning i nivåene av sink i overflatevannet i Eitrheimsvågen og havnebassenget ble registrert 14. mars, to dager etter at det skjedde et uhell ved Norzink. En måned senere ble det målt forhøyede nivåer ytterst i fjorden og det er grunn til å tro at dette er restene etter støtutslippet ved Norzink 12 mars.**
- 5. Ved intermediære dyp i fjorden (40 m) var det fortsatt en klar forurensningsgradient fra havnebassenget til Urdheim, og nivåene har økt noe i forhold til 1996. I ytre deler av fjorden synes nå tungmetallnivået i 40 m dyp å ha stabilisert seg ikke langt fra bakgrunnsnivået.**
- 6. I dypvannet (200 m) var det kun en svak gradient fra indre til ytre fjord. Nivåene nærmet seg bakgrunnsnivå.**
- 7. Målinger i tilknytning til uhellsutslipp viser hvor viktig det er med daglige målinger for å spore spredningen av det forurensede vannet. Det anbefales også at det igangsettes spesialundersøkelser i Eitrheimsvågen for å finne årsaken til de store svingningene i forurensningsnivå.**

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

- Saltholdigheten i overflatevannet viste variasjoner mellom 3.2 og 29.7, med laveste konsentrasjoner i august og oktober i forbindelse med perioder med høy vannføring i Opo.
- Konsentrasjonen av suspendert partikulært materiale i vannet var spesielt høy i august i overflatevannet i hele fjorden. På dette tidspunktet var saltholdigheten i overflaten lav og observasjonene kan derfor settes i forbindelse med stor ferskvannstilførsel og stor sedimenttransport.
- Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassengets dypvann var i likhet med 1996 høy med konsentrasjoner over 2000 $\mu\text{g/l}$. Det bør påpekes at nitrogenutslippet fra Odda Smelteverk økte med 30% i forhold til 1996.
- 12 mars 1997 sprang en klinkertank på Norzinks fabrikkområde lekk med den følge at 2 tonn sink rant ut i Eitrheimsvågen i løpet av noen minutter. Vannprøver innsamlet to dager etter utslippet viste høye konsentrasjoner av sink i Eitrheimsvågen (488 $\mu\text{g/l}$ på 10m dyp, tilsvarende > 20 ganger tilstandsklasse V i SFTs klassifisering) og i havnebassenget (100 $\mu\text{g/l}$). En måned senere var nivåene av metaller "normale" innerst i fjorden, mens de var noe høyere både ved Børve og Urdheim enn hva som er vanlig. Det er mulig at dette er rester av den forurensede vannmassen etter utslippet i mars.
- Nivåene av tungmetaller forøvrig i Sørfjorden viser betydelig lavere nivåer enn i 1996 og litt lavere enn i 1995. Det bør påpekes at 1996 var et år med store ekstraordinære tilførsler om høsten og at det derfor er mere relevant å sammenligne med 1995.
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget (40 m dyp) var noe høyere i 1997 enn i 1996. Dette kan skyldes at utslippet av tungmetaller fra Odda Smelteverk (som er et dypvannsutslipp) har økt betydelig fra 1996 til 1997 (se tabell 1).
- I dypvannet (200 m dyp) er konsentrasjonene på retur, men selv her var det fremdeles en gradient utover fjorden. Et eksempel er bly som viste 41 ng/l ved Digraneset, 31 ng/l ved Børve og 27 ng/l ved Urdheim (årgjennomsnitt).

1. INNLEDNING

Sørfjorden er inne i en periode med rehabilitering, hvor effektene av gjennomførte tiltak er i fokus innenfor overvåkingen. Vannets kjemiske sammensetning vil gjenspeile de endringer som skjer som følge av utslipp og diffuse tilførsler. Selv om de regulære tilførslene har gått ned så er det nesten årlig uhellsutslipp som gir kortvarige forverringer i vannkvaliteten. I 1997 skjedde det et uhell ved Norzink 12 mars hvor 2 tonn sink fra en klinkertank rant ut i Eitrheimsvågen i løpet av noen minutter. En ekstraordinær prøvetaking skjedde to dager etter for å registrere omfanget av forurensningen.

De offisielt anslåtte utslippene av metaller og PAH fra de tre største industribedriftene i Odda-området i 1997 er vist i tabell 1.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 1997 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1996.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	354 (209)	213 (107)	1990 (450)	21.8 (12.2)	2.3 (4.2)	980 (2400)
NZ ¹⁾	50 (100)	3600 (2800)	32000 (36000)	850 (900)	6.5 (5.9)	-
TTI	1.2 (2.7)	12.5 (26.1)	5406 (6699)	0.3 (0.7)	0.6 (0.7)	0 (-)
Totalt	405 (312)	3826 (2933)	39396 (43149)	872 (913)	9.4 (10.8)	980 (2400)

¹⁾ Tilførslene fra Norzink for 1997 omfatter utslipp fra løpende drift (regulære utslipp og akuttutslipp), utpumping av vann bak spuntvegg, avrenning fra kaiområde og beregnede mengder av sink og kadmium tilført fjorden via overflatevann og kloakk (diffuse tilførsler). Den anslagsvise fordelingen mellom disse enkeltkildene er følgende (kg/år):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	7115	48	3488*	23	5.9
Via spuntvegg	2127	89	12.1	14.5	0.3
Kaien	1400	5.5	44.4	9.9	0.3
Diffuse tilførsler (ca.)	21000	700	?	?	?
SUM**	32000	850	3600	50	6.5

* Hovedsakelig fra aluminiumfluoridfabrikken.

** Disse tallene er skjønnsmessig avrundet oppover av Norzink a.s.

Hvis man sammenligner med utslippstallene fra 1996 (Skei, 1997), er tilførslene av kopper og bly økt noe, mens tilførslene av sink, kadmium, kvikksølv og PAH er noe redusert.

Utslipp av nikkel er ikke med på sammenstillingen ovenfor, ettersom nikkel ikke inngår i analyseprogrammet i resipienten. I følge opplysninger fra Odda Smelteverk økte utslippet av nikkel til Sørfjorden med nesten det dobbelte i forhold til 1996 (i 1997; 3730 kg). Det bør også påpekes at utslippene av sink, bly, kadmium og kopper har økt betraktelig fra Odda Smelteverk.

Utslippet av PAH fra O.S. er opplyst å være mere enn halvert i forhold til 1996-utslippet (i 1997; 980 kg). I tillegg til utslipp av PAH fra karbidovnen ble det i 1997 også sluppet ut nesten 50 tonn cyanid

Utslippet av nitrogen fra O.S. ble beregnet til 480 tonn i 1996 og 634 tonn i 1997. Det er således en betydelig økning i utslippet av nitrogen. Det arbeides nå for å redusere utslippene av dicykalk som i mengde utgjorde ca. 53.000 tonn i 1997.

Konklusjonen på utslippsituasjonen må være at de regulære utslippene av tungmetaller til Sørfjorden har gått noe ned for noen metaller (sink, kadmium og kvikksølv) totalt sett og økt noe for andre (bly og kopper). En betydelig reduksjon i PAH-belastningen på fjorden er registrert, mens utslippene av nikkel og nitrogen har økt kraftig.

2. MÅLSETTING

Det **overordnede mål** med overvåkingen i 1997 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon i lys av de tiltak som er gjort de senere år og i relasjon til de kjente tilførsler
- fange opp, i den grad det lar seg gjøre, virkningen på vannkvaliteten av utslipp og andre irregulære tilførsler

Delmålene knyttet til undersøkelsen av vannkjemien var å

- studere horisontale og vertikale gradienter av utvalgte tungmetaller, nitrogen og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å belyse kilder, influensområde og tidstrend.

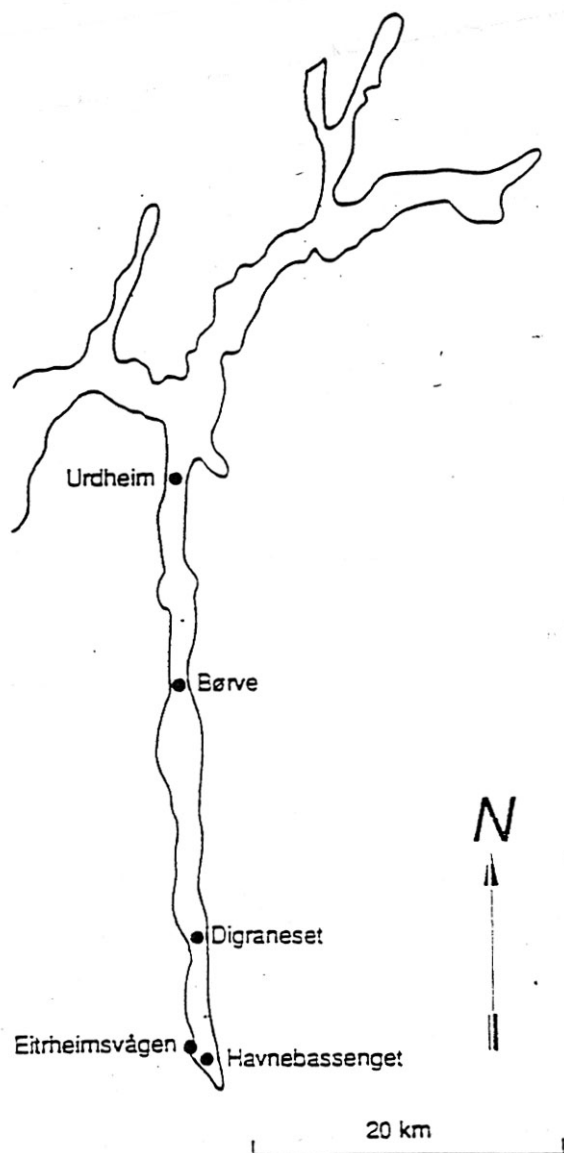
3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 25. februar, 14. mars (ekstraordinært), 14. april, 10. juni, 19. august, 15. oktober og 9. desember 1997 av ASSAYERS i Odda. Disse tidspunktene er nesten identisk med tidspunktene for prøveinnsamling i 1996. Prøver innsamlet 14 mars var i tilknytning til et uhellsutslipp ved Norzink.

Prøvene ble tatt med Niskin vannhenter og tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kopper, nikkel og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Tungmetallene (bly, sink, kadmium og nikkel) er analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv er analysert ved NIVA etter salpetersyreoppslutning ved kalddampeteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total suspendert materiale (TSM), saltholdighet og oksygen ble analysert ved ASSAYERS i Odda. Total nitrogen er analysert ved NIVA i følge standardisert metode. Total suspendert materiale er

gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet og oksygen er målt av ASSAYERS med salinoterm.

Kart som viser lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann er vist i figur 1.



Figur 1. Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1997.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

Overvåking av miljøkvalitet basert på vannanalyser i fjorder har både fordeler og ulemper. Fordelen er at slike analyser gjenspeiler i hvert fall noe av variasjonene i forurensningsbelastningen. Årsaken er at vannmassene har relativt kort oppholdstid i fjordene, spesielt overflatevannet (noen dager). Dypvannet derimot, kan ha en oppholdstid på noen måneder. Vannmassenes kjemi vil likevel gjenspeile korttidssvingningene i utslippsforhold bedre enn analyser av biologisk materiale og sedimenter. Problemet er imidlertid regulariteten i tilførslene av forurensning. Hvis disse varierer mye over tid (støtutslipp, uhell, eller nedbørsforskjeller), og frekvensen av prøvetaking er forholdsvis liten, gir heller ikke vannprøvene et tilfredsstillende bilde av situasjonen. Et eksempel på dette er uhellsutslippet

som skjedde ved Norzink 12 mars. Hvis en ekstraordinær prøveinnsamling ikke hadde blitt gjort 2 dager etter at utslippet skjedde ville forurensningen av vannet ikke blitt oppdaget ved den ordinære prøveinnsamlingen (en måned senere).

Målinger av **saltholdighet** i overflatevannet indikerer mengden av ferskvann i fjorden og hvilke gradienter det er i saltholdighet utover fjorden, samt vertikal fordeling (lagdeling/sjiktning).

Mengde **suspendert materiale (TSM)** måles for å kunne vurdere transport av eventuelle partikulære forurensninger og naturlige partikler (alger og leire). Målingene kan være nyttige i forbindelse med vurdering av tungmetalldata.

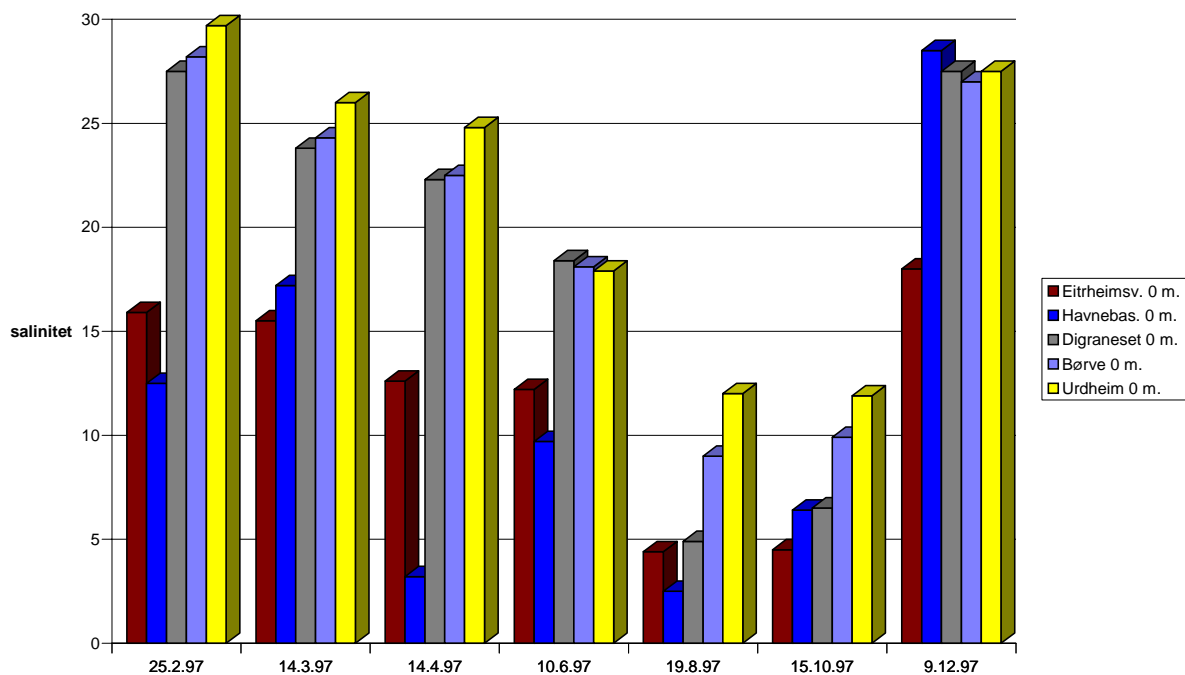
Målinger av **nitrogen** gjøres fordi det er et betydelig utslipp av nitrogen fra Odda Smelteverk og utslipp av urensset kommunal kloakk (utslippet er nå flyttet til Holmen, nord for Eitrheimsneset, slik at havnebassenget har i dag bare en mindre tilførsel av kommunal kloakk enn tidligere). Målingene gir et bilde av fordelingen av nitrogen i vannmassene i havnebassenget og hvordan nivåene forandrer seg fra år til år ettersom utslippene endrer seg. Da utslippene fra Odda Smelteverk inneholder oksygenforbrukende substanser, måles det også på **oksygen** i Oddas havnebasseng. Fra 1998 vil målinger av oksygen og nitrogen gå inn i det kommunale overvåkingsprogrammet.

Registrering av nivåer av utvalgte **metaller** pågår for å overvåke horisontale og vertikale gradienter i vannmassene i Sør fjorden. Det er fortsatt betydelige utslipp fra industribedriftene i Odda-regionen (tabell 1). I tillegg kommer store ukontrollerte tilførsler fra deponier og forurenset grunn i nedbørfeltet, fra forurensede bunnsedimenter og ved uhellsutslipp. Sammenlignet med tilførslene for 10 år siden er dagens tilførsler likevel sterkt reduserte.

4.1. Saltholdighet.

I 1997 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 3.2 og 29.7 i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i august og oktober og den høyeste i desember og februar (figur 2). Dette er stort sett samme bilde som fra tidligere år og gjenspeiler ferskvannstilførselen til Sør fjorden. Som regel er saltholdigheten lavest i Eitrheimsvågen eller havnebassenget. Forøvrig var det en del variasjon fra stasjon til stasjon utover fjorden, noe som skyldes ulik grad av blanding mellom overflatelag og underliggende vann, vindeffekter, inngående og utgående strøm i overflaten og tilførsel av ferskvann fra elver og bekker utover fjorden.

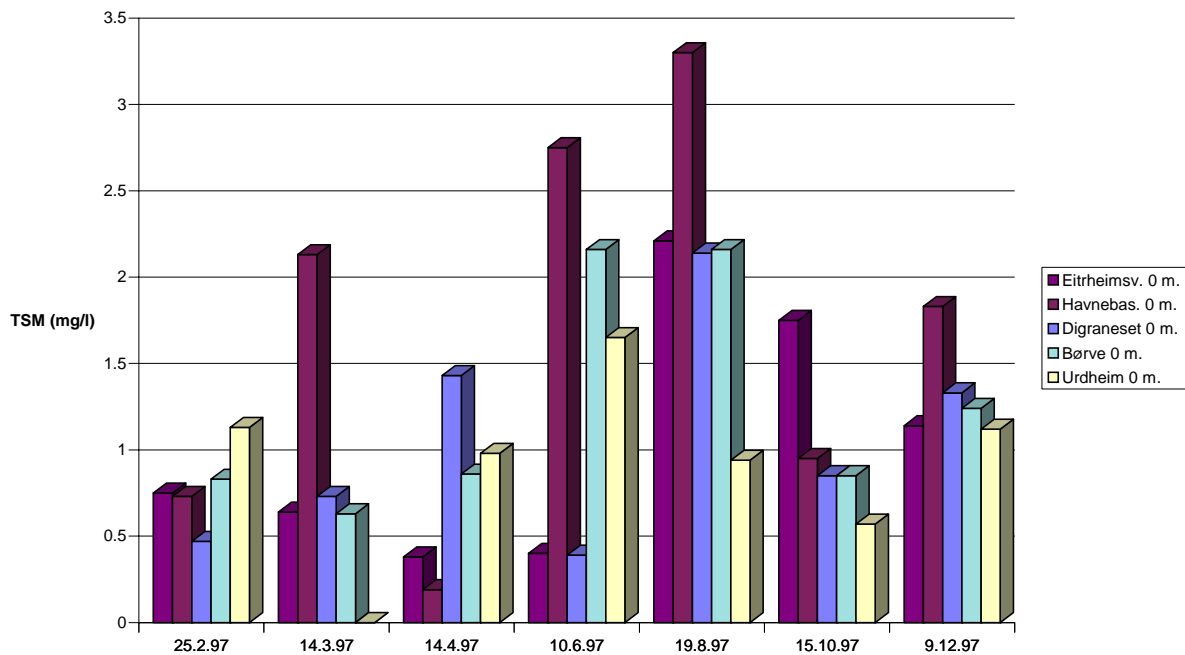
I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 33 og 35 i 1997. Saltholdigheten var omtrent den samme ved Urdheim på 200 m dyp.



Figur 2. Saltholdighet i overflateprøver i Sør fjorden, 1997.

4.2. Totalt suspendert materiale (TSM)

Det ble registrert store variasjoner i TSM-verdier i 1997 i likhet med 1996 (fig.3). De høyeste konsentrasjonene ble målt i august i overflatevannet i hele fjorden, med høyeste konsentrasjon målt i havnebassenget. Tidspunktet sammenfaller med lav saltholdighet i overflatelaget og skyldes sikkert stor sedimenttransport i Opo. De laveste konsentrasjonene ble målt i tidsrommet februar - april. Betydelig høyere konsentrasjoner av TSM i vannet i ytre deler av fjorden sammenlignet med indre deler kan tyde på vårbloomstring av plankton i dette tidsrommet.



Figur 3. Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sør fjorden, 1997.

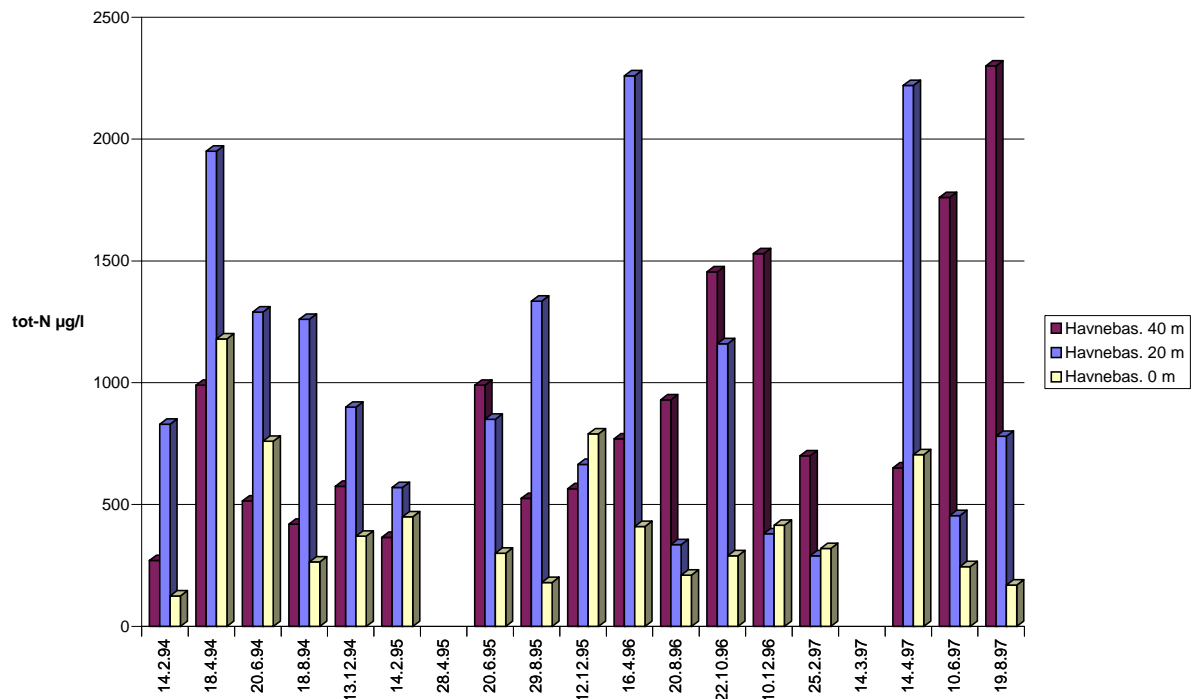
4.3. Nitrogen og oksygen

Nitrogen- og oksygenobservasjonene var i 1997, som tidligere år, begrenset til havnebassenget i Odda (fig. 4 og 5). Nitrogen ble kun analysert på fire tokt, mens oksygen ble analysert på fem tokt. Årsaken er at overvåking av oksygen og næringssalter ble godt dekket gjennom det kommunale overvåkingsprogrammet. Resultater for overvåking av oksygen og næringssalter for tidsrommet februar 1995 til mars 1997 er rapportert i Molvær og Johnsen (1997).

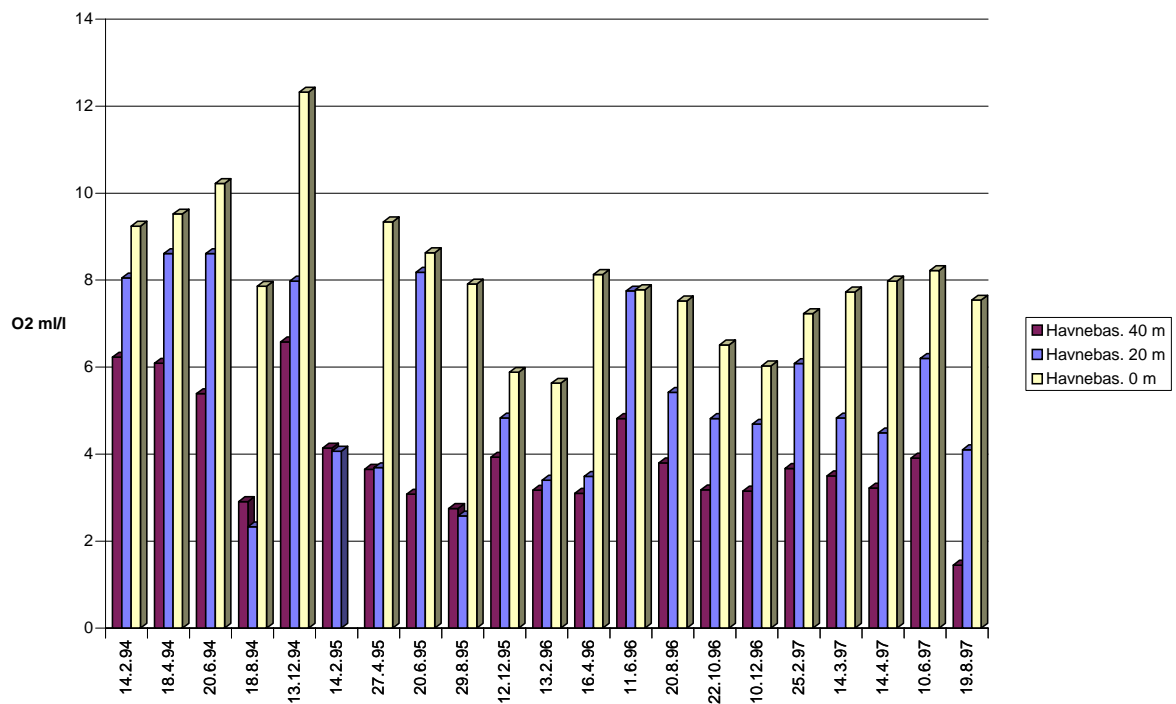
I 1996 ble det i overflatevannet her målt verdier mellom 210 og 410 µg/l total nitrogen (Skei, 1997). Nivåene i 1997 var omtrent de samme (170-705 µg/l). Høyeste konsentrasjon i overflaten ble målt i april.

I havnebassenget ble det i 20 m dyp (utslippsdyp for avløpsvann fra Odda Smelteverk) målt maksimalt 2220 µg/l tot.N i april 1997. Ved noen tidspunkt opptrer maksimumsnivåene i 20 m dyp og ved andre tidspunkt ved 40 m dyp.

Laveste oksygenkonsentrasjon i dypvannet i 1997 ble målt til 1.45 ml/l i august (Skei, 1997), mens det i 1996 ble målt ned til 3.10 ml/l i september (fig. 5). Variasjonene gjennom året var små i dypvannet (1.45 til 3.91 ml/l) og det bekrefter de resultatene som er kommet frem ved andre måleprogram; at oksygenforholdene i havnebassenget er kritiske (Molvær og Johnsen, 1997).



Figur 4. Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1994 - 1997 (0, 20 og 40 m dyp).



Figur 5. Oksygen i havnebassenget i Odda, 1994 -97 (0, 20 og 40 m dyp).

4.4. Metaller

Metallinnholdet i de ulike vannlag i Sørfjorden skal gjenspeile endringer i tilførsler over året. Ved å sammenligne med tidligere års undersøkelser vil vi også se hvordan endringen i forurensningsnivå skjer over lengre tidsperioder. Ettersom Sørfjorden er inne i en rehabiliteringsperiode, etter en rekke tiltak for å redusere utslipp, forventes det nå en gradvis forbedring i vannkvaliteten.

Overflatevann.

Grafisk fremstilling av resultater fra analyser av sink og kadmium i overflatevann i perioden 1994 til 1997 er vist på figurene 6-8. Gjennomsnittskonsentrasjonene på årsbasis de siste fire år viser at nivåene var særdeles høye i 1996. Det skyldes de ekstraordinære tilførslene høsten 1996 som spesielt ga utslag på målingene i oktober. Gjennomsnittsnivåene i 1997 er ikke vesentlig forskjellig fra 1994 og 1995 når det gjelder sink, mens kadmium-nivåene var betydelig lavere i 1997 enn i 1995. Dette indikerer at nivåene av metaller i overflatevannet generelt viser gradvis lavere konsentrasjoner, men at ekstraordinære tilførsler forstyrrer bildet. Når uhellsutslippet 12.03 ikke ga større utslag på gjennomsnittskonsentrasjonene for 1997 skyldes det at det i hovedsak var Eitrheimsvågen som var påvirket to dager etter utslippet.

Selv om konsentrasjonene er på vei ned i overflatevannet er det likevel en klar økende gradient i sink og kadmium innover mot Eitrheimsvågen. Det kan derfor slås fast at vågen er den viktigste kilden for disse to metallene. De høyeste enkeltverdiene for sink og kadmium i overflatevann målt i 1997 var henholdsvis 488 µg/l og 1.4 µg/l. I henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al., 1997) er dette meget sterkt forurensset vann (kl.V). Ser vi på årsgjennomsnittet for 1997 for sink og kadmium (se tabell nedenfor) så er Eitrheimsvågen og havnebassenget meget sterkt forurensset av sink, mens resten av fjorden er markert til sterkt forurensset av sink. Det samme gjelder stort sett kadmium.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1997 er vist nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, unntatt kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Eitrheimsvågen	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb-1991	5.5	1.3	0.59	0.36	0.74
-1992	3.3	3.7	0.76	0.67	0.49
-1993	1.8	2.5	2.86	0.67	0.46
- 1994	0.8	0.5	0.29	0.24	0.22
-1995	4.6	0.7	0.27	0.22	0.15
-1996	1.4	0.5	0.33	0.27	0.13
-1997	1.4	0.7	0.21	0.14	0.11
Zn-1991	196.5	72.3	24.8	18.9	17.7
-1992	106.6	21.9	15.2	12.1	12.0
-1993	62.5	37.5	25.0	8.7	7.0
-1994	75.6	42.4	14.2	9.1	8.5
-1995	61.5	23.8	10.2	13.4	9.1
-1996	308.6*	137.2*	94.0*	29.1*	16.1*
-1997	62.6	35.1	13.8	11.0	8.6
Cd-1991	6.9	1.9	0.6	0.38	0.35
-1992	3.2	0.8	0.29	0.19	0.16
-1993	1.1	0.25	0.16	0.10	0.08
-1994	0.9	0.45	0.16	0.11	0.10
-1995	1.9	0.80	0.28	0.23	0.15
-1996	6.7*	2.34*	1.80*	0.60*	0.30*
-1997	0.8	0.46	0.20	0.14	0.11

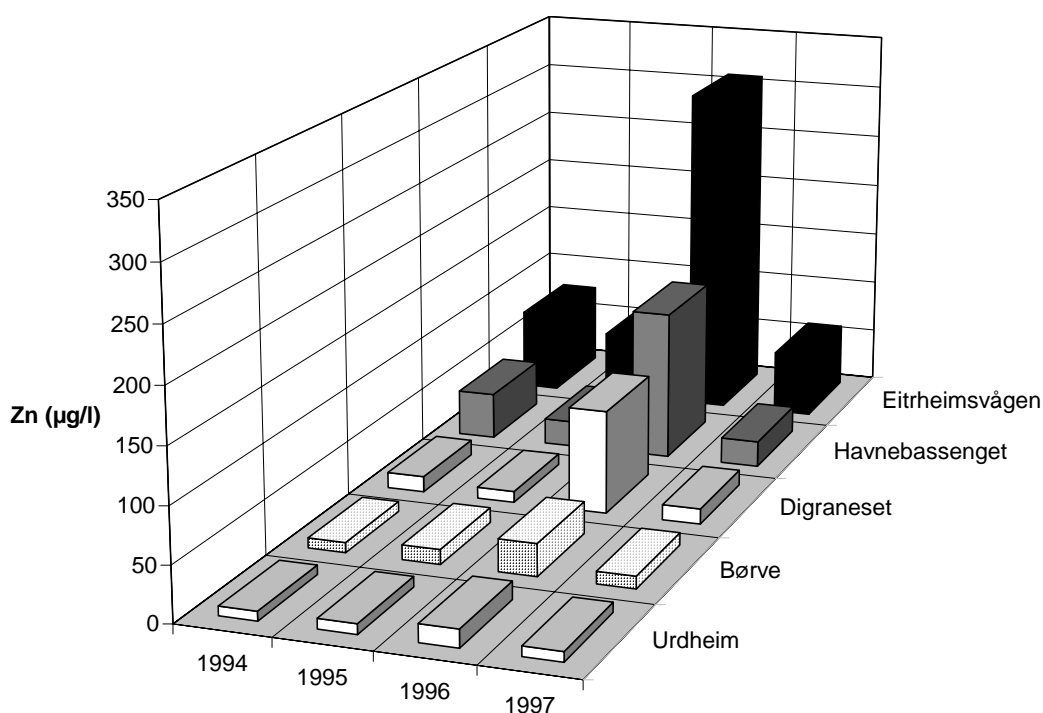
forts.

Metall/år	Eitrheimsvågen	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
Hg-1991	341	63.4	<10.9	<8.1	<7.0
-1992	20.2	7.8	<3.2	<2.4	<2.3
-1993	10.8	<6.8	<2.9	<2.0	<2.0
-1994	10.0	<5.4	<5.8	<2.7	<2.0
-1995	156.7	27.0	<7.6	<9.0	<2.1
-1996	64.1	11.0	2.4	1.8	<1.2
-1997	17.0	4.7	2.4	<1.4	<1.4

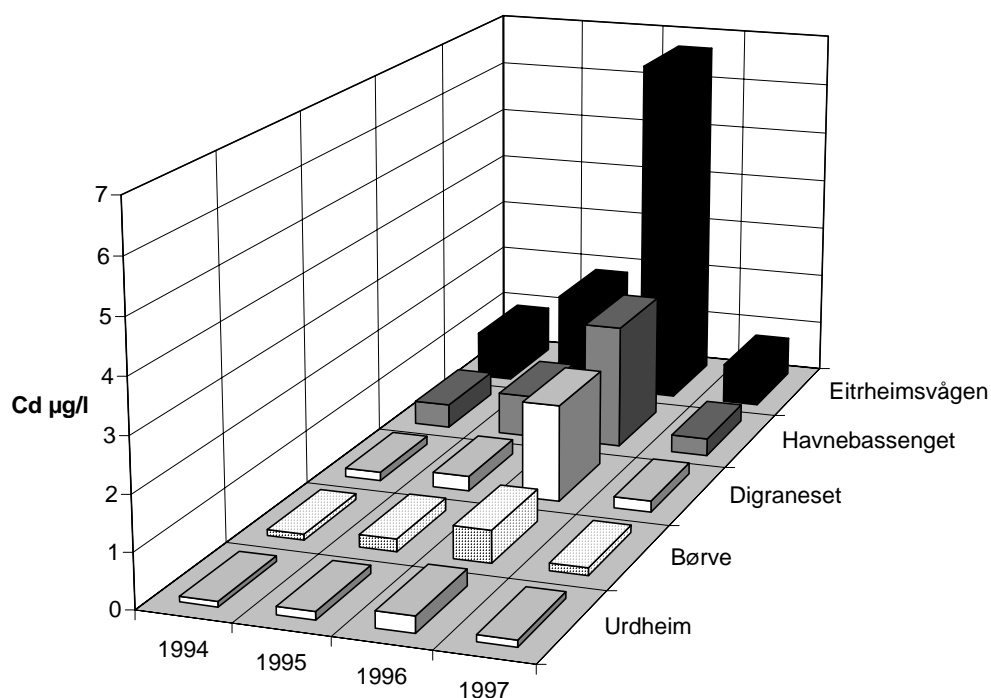
• høyt årsgjennomsnitt skyldes ekstremverdier i oktober 1996

Tabellen viser for bly's vedkommende at nivåene er omtrent de samme som i 1996, til tross for at utslippene har økt litt. Ytterst i fjorden er overflatevannet "moderat forurensset" av bly. Sammenligner vi sinkverdiene for 1995 med 1997 er det bare små endringer, mens kadmium har generelt blitt redusert. Kvikksølv har alltid variert mye og fortsatt er det en klar gradient innover mot Eitrheimsvågen, som i følge SFTs kriterier er sterkt kvikksølvforurensset.

Fig. 6 og 7 viser fordelingen av sink og kadmium i overflatevannet i perioden 1994 - 1997 for samtlige stasjoner i Sjørfjorden. Den kraftige økningen av sink- og kadmiumverdier i 1996 er mest fremtredende (skyldtes lekkasje av elektrolyttsyre fra et sikringsbasseng ved Nozink, høsten 1996 (Skei, 1997)).

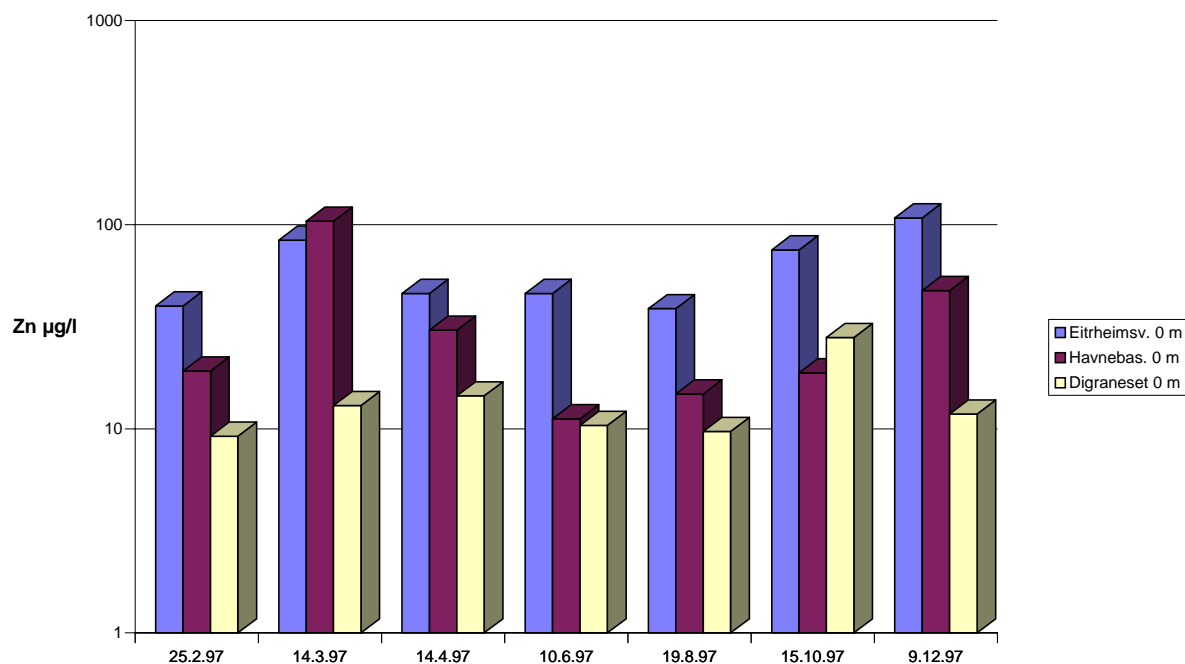


Figur 6. Gjennomsnittsverdier for sink i overflatevann i Sjørfjorden i perioden 1994-1997 på de ulike stasjonene.



Figur 7. Gjennomsnittsverdier for kadmium i overflatevann i Sør fjorden i perioden 1994-1997 på de ulike stasjonene.

Figur 8 viser sink i overflatevann på de tre innerste stasjonene i 1997 (logaritmisk skala). Høye konsentrasjoner i mars viser effekten av uhellsutslippet ved Norzink 12 mars. To dager etter utslippet var konsentrasjonen høyest i havnebassenget (fig.8) som følge av at det forurensede overflatevannet fra Eitrheimsvågen nå hadde blitt transportert ut av vågen. Dette viser hvordan det er mulig å følge utviklingen i vannmassen etter et støtutslipp. Hvis det hadde vært gjort daglige målinger etter at utslippet fant sted ville man kunne vise hvordan den forurensede vannmassen beveget seg utover fjorden og man ville samtidig kunne måle oppholdstiden av overflatelaget i fjorden.



Figur 8. Fordeling av sink i overflatevann i Sør fjorden i 1997 på de tre innerste stasjonene (NB! logaritmisk skala)

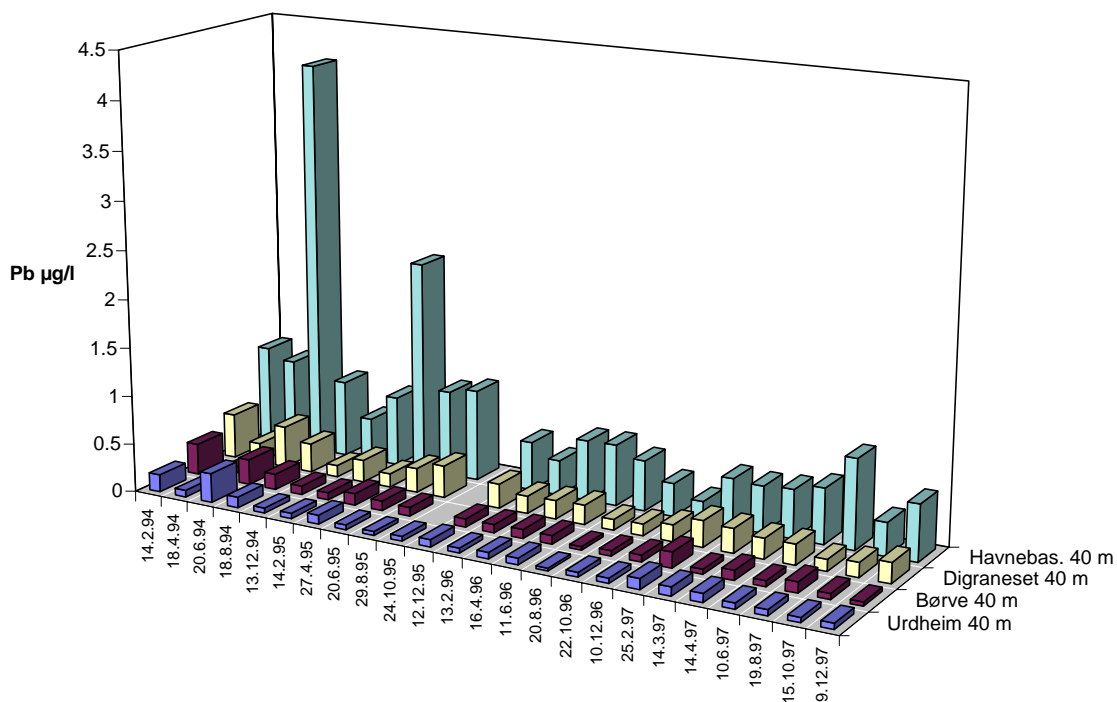
Kvikksølv viser stor grad av variabilitet hvor konsentrasjonene i overflatevannet i Eitrheimsvågen varierte mellom 3.5 og 67 ng/l i 1997. Når nivåene av kvikksølv øker i Eitrheimsvågen så øker de også i havnebassenget. Det er åpenbart at tilførselene av kvikksølv til Eitrheimsvågen varierer mye over tid, men det er uklart hva som er årsaken til disse svingningene. I henhold til SFTs klassifisering av vannkvalitet er vågen periodevis meget sterkt forurensset av kvikksølv og det burde igangsettes en undersøkelse av årsaken til denne forurensningen.

Intermediært vann

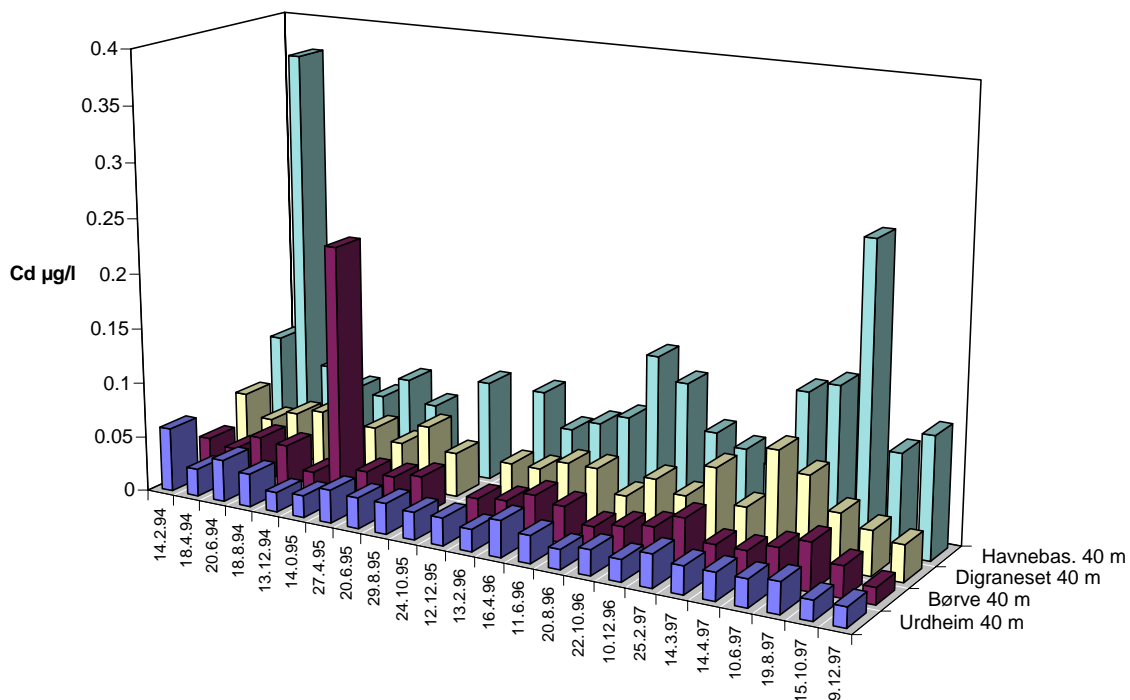
Med intermediært vann menes i dette tilfelle vann på 40 m dyp i Sør fjorden. Dette er et dyp som påvirkes av dypvannsutslipp (gipsutslipp fra Norzink og utslipp fra Odda Smelteverk etc.) og hvor vannet har en betydelig lengere oppholdstid enn i overflaten. Det har vært en meget markert forskjell mellom metallnivåene i overflatelaget og underliggende vann, spesielt etter 1986 da jarosittutslippet fra Norzink opphørte. Resultatene fra analysene av intermediært vann er vist på figurene 9-10.

Konsentrasjonene av bly viste en avtagende tendens fra 1992 til 1994 og denne tendensen fortsatte i 1995 og 1996 (fig.9). I 1997 derimot har nivåene økt noe.

Nivåene av sink og kadmium ved 40 m dyp viste på årsbasis små forskjeller mellom 1995 og 1996, selv om en viss økning i 1996 ble registrert, spesielt for kadmium på de innerste stasjonene (fig.10). Det siste kan ha sammenheng med de forhøyede verdiene av sink og kadmium i overflatevannet høsten 1996 og som har påvirket vannmassen under. I 1997 er det også en tendens til noe høyere verdier enn tidligere. Konklusjonen må derfor være at metallforurensningen av intermediært vann har tiltatt noe i 1997 i forhold til de to-tre siste årene.



Figur 9. Bly i 40 m dyp i Sørfjorden i perioden 1994 - 1997.



Figur 10. Kadmium i 40 m dyp i Sørfjorden i perioden 1994 - 1997.

Konsentrasjonene av kvikksølv i 40 m dyp var generelt lave. Kun i havnebassenget var nivåene svakt forhøyet.

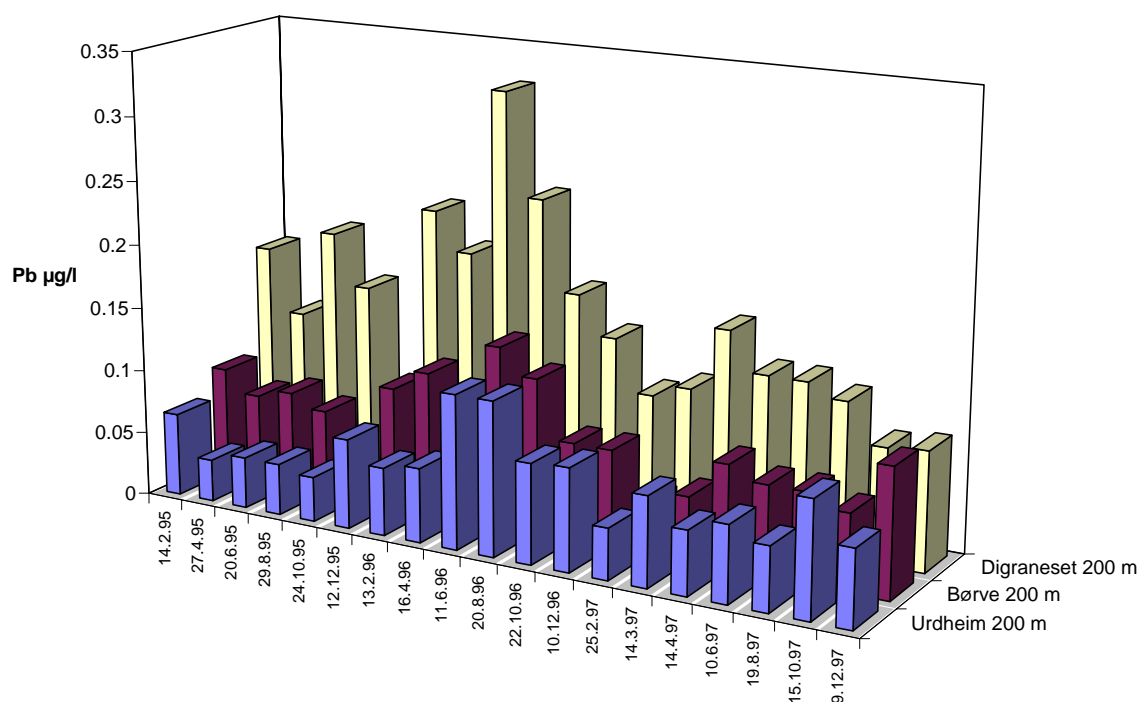
Middelkonsentrasjoner for metaller i 40 m dyp i perioden 1991 - 1997 er gjengitt nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, unntatt kadmium og kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Havnebassenget	Digranaset	Børve	Urdheim
Pb-1991	3.18	0.33	0.21	0.18
-1992	4.89	1.08	0.39	0.31
-1993	2.33	0.95	0.59	0.45
-1994	1.45	0.30	0.18	0.14
-1995	0.24	0.24	0.07	0.06
-1996	0.45	0.16	0.07	0.05
-1997	0.56	0.21	0.08	0.07
Zn-1991	21.7	11.8	6.5	4.9
-1992	20.1	9.5	4.2	3.0
-1993	21.7	10.3	5.8	3.7
-1994	11.5	5.9	4.2	<3.1
-1995	14.1	5.6	2.3	1.7
-1996	17.1	6.2	3.1	<1.8
-1997	23.9	9.3	5.2	1.9
Cd-1991	175	88	57	43
-1992	140	77	42	33
-1993	97	63	38	34
-1994	135	47	33	34
-1995	88	46	70	26
-1996	92	43	29	23
-1997	124	58	30	24
Hg-1991	13.8	7.8	<2	<2
-1992	5.7	3.3	<2	<2
-1993	<4.8	<2.8	<2.0	<2.0
-1994	8.9	<6.1	<2	<2.5
-1995	6.7	<2.3	<2.0	<2.0
-1996	3.0	<1.3	<1.3	<1.0
-1997	4.0	<1.4	<1.0	<1.0

Dypvann.

Med dypvann menes her vannprøver tatt ved 200 m dyp. De dypeste bassengene i Sørfjorden er dypere enn 380 m, slik at prøvene ikke representerer bunnvannet i bassengene. Oppholdstiden på dypvannet regnes for å være flere måneder, slik at dette kan være vann som mottar forurensning over lang tid.

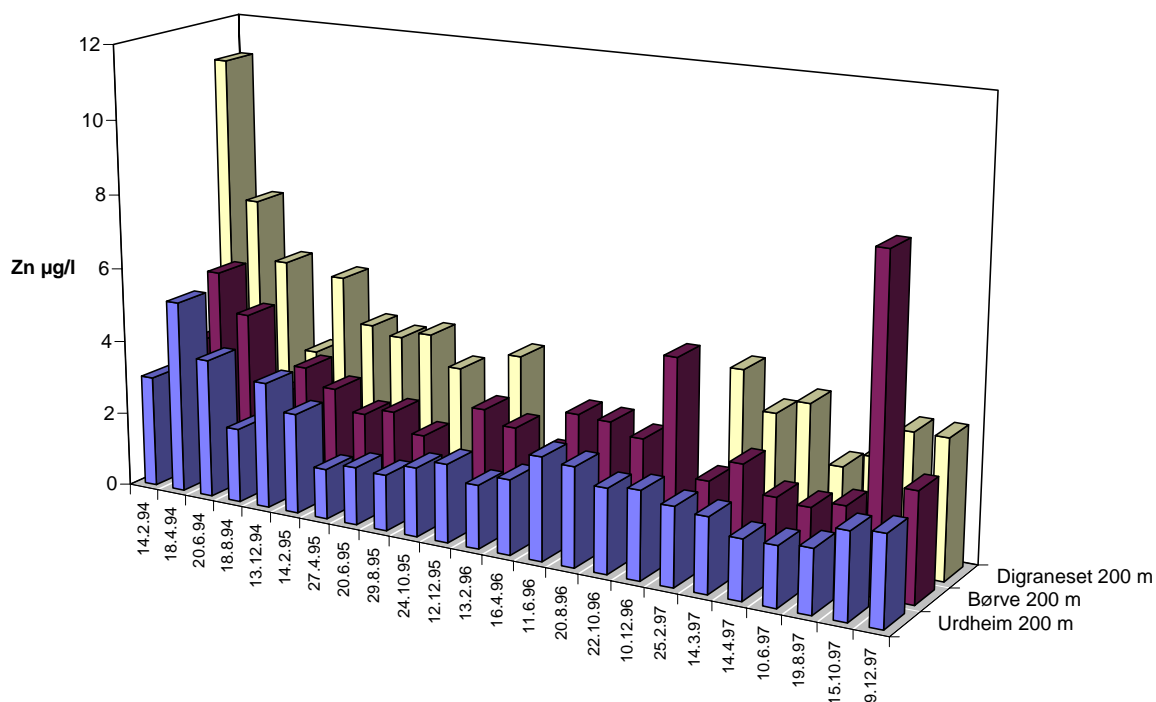
Figur 11 viser fordelingen av bly ved 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1995 - 1997.



Figur 11. Bly i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1995- 1997.

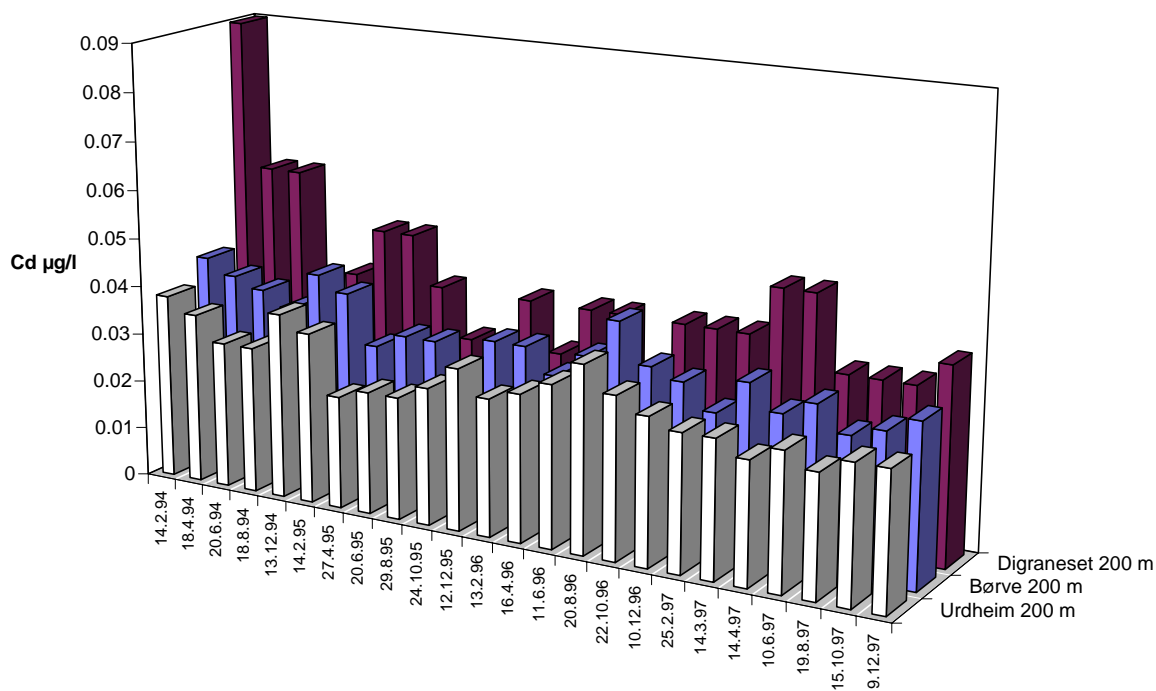
Av fig.11 fremgår at nivåene av bly i 200 m dyp er ytterligere redusert i 1997 i forhold til 1996. I henhold til SFTs klassifisering så er dypvannet ved Digraneset "moderat forurenset", mens ved Børve og Urdheim er dypvannet ubetydelig eller lite forurenset. Det er likevel verdt å merke seg at det er en klar gradient innover fjorden - selv på 200 m dyp.

Det samme gjelder i stor grad sink (fig.12). Nivåene har gått ned og ligger stort sett lavere enn 5 µg/l som er innenfor klasse II (moderat forurenset) i SFTs klassifisering. I likhet med bly er det en klar økende gradient innover fjorden.



Figur 12. Sink i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1994 - 1997.

Konsentrasjonene av kadmium i dypvannet har variert lite de siste tre årene (fig.13). Konsentrasjonene har stort sett variert mellom 0.03 og 0.05 µg/l og med avtagende konsentrasjoner utover fjorden. Dette er å betrakte som nært bakgrunnsnivå for kadmium i sjøvann.



Figur 13. Kadmium i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1994 - 1997.

Alle resultatene viser at det er en klar gradient i tungmetaller fra havnebassenget og ut til munningen av Sjørfjorden i 200 m dyp i 1997, men at forskjellen mellom indre og ytre fjord blir mindre og at nivåene fortsatt avtar.

En sammenfatning av gjennomsnittsverdier for samtlige metaller analysert i dypbassengene i Sjørfjorden (200 m) er vist nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, unntatt kadmium og kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb-1991	0.15	0.15	0.20
-1992	-	-	-
-1993	-	-	-
- 1994	0.30	0.18	0.14
-1995	0.17	0.08	0.05
-1996	0.19	0.10	0.08
- 1997	0.12	0.07	0.06
Zn-1991	4.9	4.2	3.5
-1992	6.7	4.9	4.1
-1993	6.5	5.9	3.3
-1994	5.9	4.2	<3.1
-1995	4.0	2.6	2.2
-1996	3.8	3.3	2.3
-1997	3.6	3.3	2.0
Cd-1991	55	40	39
-1992	67	49	44
-1993	50	39	31
-1994	47	33	34
-1995	44	34	34
-1996	37	35	32
-1997	41	31	27
Hg-1991	<2	<2	<2
-1992	<2	<2	<2
-1993	<2.6	<4	<2.0
-1994	<6.1	<2	<2.5
-1995	<2	<2	<2
-1996	<1.6	<1.3	<1
-1997	<1.2	<1.1	<1.1

I likhet med resultatene fra intermediært dyp er det forholdsvis små forskjeller mellom årene og kun en svak gradient fra Odda til Urdheim. Nivåene er nært bakgrunnsnivå i 200 m dyp.

5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Det som preget tilstanden i 1997 var den kraftige økningen i overflateforurensning med sink (og tildels bly, kadmium og kobber) i mars 1997 som følge av et uhellsutslipp ved Norzink. En måned etter at utslippet hadde funnet sted ble det påvist forhøyede konsentrasjoner i ytre deler av fjorden (Børve og Urdheim) og det er ikke utenkelig at dette er rester etter støtutslippet. Dette viser hvordan ekstraordinære utslipp i stor grad styrer vannkvaliteten i overflaten. Ser vi bort fra dette er tendensen at nivåene gradvis avtar i overflaten. Likevel kan overflatevannet i indre deler av Sjørfjorden fortsatt karakteriseres som sterkt til meget sterkt forurensset hvis SFTs klassifiseringssystem brukes. Og fortsatt er det tilførsler via Eitheimsvågen som gir opphav til høye konsentrasjoner. Før man har fått kontroll

over disse tilførselene er det lite sannsynlig at man vil oppnå en tilfredstillende vannkvalitet i Sørfjordens overflatelag. Det bør påpekes at Norzink arbeider med å få kontroll over overflateavrenning fra Eitrheimsneset og det forventes å gi store forbedringer.

I intermediære dyp i Sørfjorden har nivåene av de fleste metallene øket noe i forhold til 1996. Årsaken til dette er ikke kjent og økningen er såvidt moderat at det neppe er grunn til å gjøre noe ekstraordinært. Fra 1998 vil prøvetaking fra 40 og 200 m dyp i Sørfjorden utgå av overvåkingsprogrammet fordi nivåene nå er på et nivå som må betraktes som akseptabelt, spesielt i 200 m dyp.

Foruten forhøyede nivåer av metaller bør det påpekes at nivåene av total nitrogen i bunnvannet i havnebassenget var svært høye ($> 2000 \mu\text{g/l}$). Det vil inneværende år bli igangsatt spesialundersøkelser for å vurdere betydningen av filterkake fra Odda Smelteverk for nitrogentilførselen til fjorden og oksygenforbruket i vannmassene.

6. LITTERATUR

Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar. Chem.*, 14: 49-59.

Danielsson, L.-G., B.Magnusson og S. Westerlund, 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal.Chim.Acta.*, 98: 47-59.

Källqvist, T., 1992. Undersøkelse av dicy-kalk fra Odda Smelteverk. NIVA-rapport O-92114, 12s.

Mance, G. og Yates, J., 1984. Proposed environmental quality standards for list II substances in water. Zinc. Water Research Center TR 209, 42 s.

Molvær, J. og Johnsen, T.M., 1997. Indre Sørfjord. Overvåking februar 1995 - mars 1997. NIVA-rapport O-95011 (l.nr. 3694-97), 38 s.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT, TA-1467/1997, 36 s.

NIVA, 1996. Brev til Odda Smelteverk A/S av 4.09.96. Jnr. 2229/96, O-95174.

Skei, J., 1993. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1992. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2967), 22 s.

Skei, J., 1994. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1993. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3068), 28 s.

Skei, J., 1997. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1996. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3688-97), 27 s.

Skei, J., Knutzen, J., Moy, F. og Green, N., 1990. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1998-1989. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2435), 75 s.

Skei, J. og Moy, F., 1996. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1995. Delrapport 1. Vannkjemi og dykkerbefaring. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3509), 29s.

VEDLEGG

Tabell 1: Vannkjemiske data 1997.

Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
25.2.97	0	1.0	0.11	10.8	0.110	0.60	29.70	1.13
25.2.97	40	<1	0.11	3.2	0.030	0.29	33.30	1.04
25.2.97	200	<1	0.04	2.1	0.028	0.18	34.75	0.58
14.3.97	0	<1	0.10	7.2	0.070	0.40	26.00	
14.3.97	40	<1	0.09	1.9	0.025	0.22	32.86	
14.3.97	200	<1	0.07	2.0	0.028	0.19	33.58	
14.4.97	0	1.0	0.12	12.0	0.310	0.44	24.80	0.98
14.4.97	40	<1	0.09	1.8	0.025	0.22	33.36	0.28
14.4.97	200	<1	0.05	1.6	0.025	0.20	34.45	0.58
10.6.97	0	1.5	0.09	5.9	0.080	0.38	17.90	1.65
10.6.97	40	1	0.06	1.6	0.025	0.20	34.16	0.10
10.6.97	200	1.5	0.06	1.6	0.028	0.21	35.72	0.10
19.8.97	0	<1	0.09	6.2	0.030	0.73	12.00	0.94
19.8.97	40	<1	0.06	2.3	0.028	0.22	34.16	0.76
19.8.97	200	<1	0.05	1.7	0.025	0.17	36.42	1.54
15.10.97	0	<1	0.10	9.7	0.105	0.44	11.90	0.57
15.10.97	40	<1	0.05	1.8	0.018	0.20	33.20	0.96
15.10.97	200	<1	0.09	2.3	0.028	0.19	35.00	1.19
9.12.97	0	3.5	0.15	8.7	0.060	0.28	27.50	1.12
9.12.97	40	<1	0.06	1.0	0.018	0.20	32.00	1.43
9.12.97	200	<1	0.06	2.4	0.028	0.17	33.65	1.14

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
25.2.97	0	1.0	0.10	13.2	0.130	0.40	28.20	0.83
25.2.97	40	1.0	0.16	5.5	0.043	0.32	32.53	1.02
25.2.97	200	<1	0.04	2.2	0.028	0.16	34.34	0.36
14.3.97	0	<1	0.11	10.2	0.100	0.40	24.30	0.63
14.3.97	40	<1	0.05	2.0	0.025	0.23	22.48	
14.3.97	200	<1	0.05	2.8	0.035	0.18	33.90	
14.4.97	0	<1	0.14	16.5	0.400	0.44	22.50	0.86
14.4.97	40	<1	0.10	2.4	0.025	0.21	33.71	0.10
14.4.97	200	<1	0.08	2.1	0.030	0.20	34.26	0.19
10.6.97	0	1.0	0.12	7.6	0.088	0.47	18.10	2.16
10.6.97	40	<1.0	0.06	2.5	0.033	0.21	34.42	0.10
10.6.97	200	1.5	0.07	2.0	0.033	0.18	35.84	0.10
19.8.97	0	<1	0.13	6.3	0.038	0.36	9.00	2.16
19.8.97	40	<1	0.11	5.8	0.043	0.23	34.43	1.81
19.8.97	200	<1	0.07	2.2	0.028	0.17	36.25	1.24
15.10.97	0	<1	0.14	13.0	0.135	0.41	9.90	0.85
15.10.97	40	<1	0.06	16.8	0.028	0.22	33.00	1.15
15.10.97	200	<1	0.06	8.7	0.030	0.18	34.45	1.83
9.12.97	0	4	0.25	10.3	0.075	0.35	27.00	1.24
9.12.97	40	<1	0.04	1.2	0.015	0.20	31.70	0.86
9.12.97	200	<1	0.10	2.9	0.033	0.20	33.70	1.04

Digraneset

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
25.2.97	0	2.0	0.10	9.2	0.150	0.42	27.50	0.47
25.2.97	40	3.0	0.27	11.0	0.070	0.54	32.85	0.28
25.2.97	200	1.0	0.11	4.6	0.040	0.26	34.83	0.18
14.3.97	0	4.0	0.05	13.0	0.170	0.44	23.80	0.73
14.3.97	40	<1	0.25	4.0	0.040	0.26	32.83	0.83
14.3.97	200	<1	0.16	3.6	0.050	0.20	33.67	0.64
14.4.97	0	1.5	0.22	14.5	0.480	0.54	22.30	1.43
14.4.97	40	1.0	0.21	16.0	0.095	0.39	33.66	0.59
14.4.97	200	<1	0.13	4.0	0.050	0.26	34.26	0.00
10.6.97	0	2.5	0.26	10.4	0.110	0.55	18.40	0.39
10.6.97	40	1.5	0.21	10.0	0.078	0.33	34.44	0.59
10.6.97	200	1.5	0.13	2.5	0.035	0.21	35.86	0.10
19.8.97	0	1.5	0.32	9.7	0.048	0.31	4.90	2.14
19.8.97	40	<1	0.12	10.5	0.050	0.26	34.92	2.38
19.8.97	200	<1	0.12	2.9	0.035	0.19	36.46	1.17
15.10.97	0	1.0	0.31	28.0	0.351	0.48	6.50	0.85
15.10.97	40	1.0	0.15	9.1	0.040	0.28	33.00	0.77
15.10.97	200	<1	0.09	3.7	0.035	0.23	34.40	0.86
9.12.97	0	4.5	0.220	11.80	0.095	0.29	27.50	1.33
9.12.97	40	1.0	0.210	4.35	0.033	0.29	32.60	1.24
9.12.97	200	2.0	0.093	3.70	0.040	0.19	34.45	1.47

Eiterheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
25.2.97	0	5.0	1.70	40.0	1.18	0.70	15.90	0.75
25.2.97	10	15.5	1.06	24.0	0.35	0.60	30.10	1.08
14.3.97	0	5.0	1.75	84.0	1.00	0.82	15.50	0.64
14.3.97	10	31.0	8.00	488.0	1.40	2.58	26.40	0.28
14.4.97	0	67.0	0.58	46.0	0.76	0.50	12.60	0.38
14.4.97	10	9.0	1.12	46.0	1.20	0.74	26.00	1.65
10.6.97	0	3.5	0.51	46.0	0.28	0.44	12.20	0.40
10.6.97	10	4.0	0.36	17.4	0.15	0.32	27.50	2.75
19.8.97	0	10.5	2.06	38.8	0.23	0.66	4.40	2.21
19.8.97	10	12.5	3.92	47.6	0.29	1.60	28.40	8.27
15.10.97	0	5.5	1.2	75.2	0.8	0.74	4.50	1.75
15.10.97	10	2.5	0.7	33.6	0.19	0.60	30.00	1.15
9.12.97	0	22.5	1.78	108	1.3	1.00	18.00	1.14
9.12.97	10	7.5	0.69	23	0.12	0.48	32.00	1.35

Havnebassenget

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l	O2 ml/l	Tot-N µg/l
25.2.97	0	1.0	0.54	19.2	0.38	0.54	12.50	0.73	7.23	320
25.2.97	20	2.0	0.18	9.0	0.11	0.52	31.40	1.52	6.08	290
25.2.97	40	4.0	0.50	12.2	0.07	0.68	33.82	3.15	3.67	700
14.3.97	0	6.0	1.52	104.0	1.30	0.98	17.20	2.13	7.73	
14.3.97	20	3.0	0.70	22.4	0.11	0.68	32.35	0.57	4.83	
14.3.97	40	2.5	0.48	7.6	0.06	0.50	33.86	0.55	3.50	
14.4.97	0	1.5	0.30	30.4	0.57	0.54	3.20	0.19	7.98	705
14.4.97	20	7.0	0.74	44.0	0.47	0.58	30.80	1.32	4.49	2220
14.4.97	40	2.5	0.50	23.2	0.13	0.60	34.55	1.07	3.22	650
10.6.97	0	1.5	0.22	11.2	0.08	0.32	9.70	2.75	8.22	245
10.6.97	20	3.0	0.20	12.6	0.10	0.34	32.60	3.53	6.20	455
10.6.97	40	3.5	0.57	16.0	0.14	0.80	33.92	0.30	3.91	1760
19.8.97	0	2.0	0.87	14.8	0.10	0.66	2.50	3.30	7.54	170
19.8.97	20	3.0	1.58	42.4	0.26	0.92	32.00	2.50	4.10	780
19.8.97	40	6.5	0.92	66.0	0.27	1.60	35.00	2.23	1.45	2300
15.10.97	0	1.0	0.29	18.8	0.21	0.46	6.40	0.95		
15.10.97	20	2.0	0.54	30.4	0.11	0.46	32.00	0.58		
15.10.97	40	3.0	0.34	25.6	0.09	0.74	32.50	0.96		
9.12.97	0	20.0	0.85	47.6	0.61	0.66	28.50	1.83		
9.12.97	20	2.0	0.89	11.6	0.07	0.72	32.45	1.52		
9.12.97	40	6.0	0.58	16.4	0.11	0.42	32.35	2.10		